

کاربرد روش AHP در مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی: شهر جهرم)

زهرا صحرائیان^۱، علی زنگی‌آبادی^۲

۱. نویسنده مسئول: دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه خوارزمی، ایران.

Email: z.sahraeian22@gmail.com

۲. دانشیار، هیأت علمی گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه اصفهان، ایران.

دریافت: ۹۱/۷/۸ پذیرش: ۹۲/۴/۶

چکیده

مقدمه: تعیین مکان مناسب برای تأسیس ایستگاه‌های آتش‌نشانی یکی از مهم‌ترین وظایف و اهداف مدیران شهری است که باید قبل از اجرا، در یک چارچوب سیستماتیک آماده‌سازی گردد. درواقع، هدف اصلی مکان‌یابی، جلوگیری از هدر رفتن هزینه‌ها و تضمین کارایی بهینه ایستگاه‌ها در تقابل با سیستم شهری است. دسترسی سریع، به‌موقع و ارزان به مراکز آتش‌نشانی در هر جامعه به-خصوص در جوامع شهری امری مهم و ضروری می‌باشد.

روش‌ها: روش تحقیق توصیفی-تحلیلی بوده است. اطلاعات مورد نیاز با استفاده از نقشه ۱/۲۰۰۰ کاربری اراضی، مشاهده میدانی و مطالعه طرح‌های مرتبط با شهر جهرم جمع‌آوری شده است که با استفاده از نرم‌افزار GIS، فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP^۱ به عنوان مدل مورد استفاده در وزن‌دهی معیارها، در قالب مقایسات زوجی و بر اساس نظر کارشناسان اعمال گردیده است. کار پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها مطابق معیارها و

استانداردهای برنامه‌ریزی شهری انجام گرفته است و در پایان مناسب‌ترین مکان‌ها برای ایجاد مراکز مورد نظر تعیین شده است.

یافته‌ها: برای بررسی وضع موجود مراکز آتش‌نشانی از روش حریم‌یابی استفاده شده است که با شعاع عملکردی ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری، بخش‌های شرقی و غربی شهر جهرم تحت پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار نمی‌گیرند. برای مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی با استفاده از GIS لازم است این مراحل انجام شود: (۱) شناسایی داده‌های مورد استفاده؛ (۲) شناسایی عوامل تأثیرگذار در مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی جدید؛ (۳) ورود عوامل تأثیرگذار به سیستم اطلاعات جغرافیایی؛ (۴) ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی؛ (۵) هم‌پوشانی لایه‌ها با در نظر گرفتن ضریب اهمیت معیارها؛ (۶) ورود وزن نهایی به GIS و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی؛ (۷) تطبیق نتایج الگوی مکان‌یابی با واقعیات زمینی.

نتیجه‌گیری: با توجه به افزایش جمعیت در آینده، توسعه شهر و افزایش مهاجرت از روستاهای اطراف به شهر و کمبود امکانات و مراکز آتش‌نشانی موجود در پاسخگویی به نیازها، ایجاد مرکز آتش‌نشانی جدید برای شهر جهرم ضروری به نظر می‌رسد. نتایج این تحقیق به‌کارگیری لایه‌های اطلاعاتی مختلف و کارآمدی سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS را به‌خصوص در مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی و همچنین ارزیابی وضعیت موجود در شهر جهرم نشان می‌دهد. بنابراین، پس از تطبیق نتایج الگوی مکان‌یابی با واقعیت موجود در منطقه مورد مطالعه و با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای مؤثر در فرایند مکان‌یابی، درنهایت ۲ مکان برای ایجاد ایستگاه آتش‌نشانی جدید مناسب تشخیص داده شد.

کلمات کلیدی: شهر جهرم، مراکز آتش‌نشانی، مکان‌یابی، GIS، AHP.

مقدمه

از نظر استاندارد جهانی (استانداردهای شهرسازی، زیرساخت‌های شهری و رعایت حریم‌های آن، ضوابط و استانداردهای مصون‌سازی شهرها و غیره) به علل مختلف شهرهای ایران در مقابل حوادث طبیعی و انسان‌ساخت، شهرهای ناامن تلقی می‌شوند. نبود ضابطه در طرح‌های توسعه شهری، درهم‌تنیدگی بافت سنتی و جدید، نبود پیش‌بینی‌های شهرسازی برای مواقع خطر، مشکلات معابر شهری، تهدیدهای پنهان شبکه‌ها، زیرساخت‌های نادرست در شهرها، توسعه بی‌رویه و بی‌برنامه حاشیه شهرها و تراکم در نواحی مرکزی، و وجود عوامل خطرزا در محیط‌های شهری باعث بروز مشکلات ساختاری شده‌اند که این امر بحث‌ها و برنامه‌ریزی‌ها را در مورد حفاظت شهرها در مقابل بلایا و حوادث برمی‌انگیزد (۱). با وجود این، سیاست کلی ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ایران، سیاستی بدون برنامه خاص و مدون است؛ به گونه‌ای که برای ایجاد هر ایستگاه در محدوده‌های شهری، مهم‌ترین اصل خالی‌بودن زمین، بدون مالک بودن آن یا مواردی از این قبیل است. این موضوع بر مکان‌یابی کلی ایستگاه‌ها در سطح شهرها تأثیر دارد (۲). از طرفی دسترسی سریع، به موقع و ارزان به این مراکز در هر جامعه‌ای، به خصوص جوامع شهری، امری مهم و ضروری است (۳). چنانچه عمل مکان‌یابی بدون توجه به تأثیر و تأثر و روابط متقابل کاربری‌ها صورت گیرد، ممکن است نه فقط از مشکلات موجود نکاهد، بلکه خود موجب ایجاد مشکلات عدیده و حل‌نشده دیگری نیز شود. لذا ضرورت دارد که تمامی عوامل مرتبط با مسأله مورد بررسی و مطالعه جدی قرار گیرد. ایجاد این مراکز باید عوامل محیطی متعددی از جمله جمعیت، محدودیت‌های اقتصادی، شرایط گذرا و ناسازگاری‌های اجتماعی را

با هم تطبیق دهد (۴). این امر نشان می‌دهد که مهم‌ترین مشکل برنامه‌ریزان و مدیران امور شهری تصمیم‌گیری مناسب در موقعیت‌های پیچیده است. این پیچیدگی به‌طور عمده در نتیجه این واقعیت است که تعداد بسیار زیادی از معیارهای مؤثر تصمیم‌گیری باید در نظر گرفته شود و گاهی درک روابط درونی و متقابل میان معیارهای مختلف مشکل است (۵). در این میان قابلیت‌های سیستم‌های مبتنی بر کامپیوتر، کمک‌های قابل توجهی در زمینه تصمیم‌گیری‌های گوناگون و پیچیده به برنامه‌ریزان شهری کرده است. شهر جهرم نیز که در این پژوهش بررسی می‌شود با مشکلات زیادی از جمله تراکم بیش از اندازه جمعیت در برخی از نواحی شهر، شبکه دسترسی نامناسب، تراکم تجاری در بخش مرکزی شهر و کمبود ایستگاه‌های آتش‌نشانی مواجه است. از آنجایی که تأمین ایمنی شهرها و نیز حضور به موقع در امداد رسانی به آسیب‌دیدگان حوادث در زمان وقوع، از اساسی‌ترین نیازهای مدیریت ایمنی شهرهاست؛ لذا تأمین خدمات ایمنی در شهرها برای تأمین رفاه و آسایش شهرنشینان امری ضروری می‌باشد.

درخصوص مقالاتی که در زمینه مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی انجام گرفته است می‌توان به این موارد اشاره کرد: پروژه مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سال ۲۰۰۰ در ویرجینیا و کانزاس تحت راهنمایی شرکت تری‌دیتا با کمک GIS انجام شد. همچنین دیوید اوانز در سال ۲۰۰۴ نقش GIS را در مدیریت بحران حوادث با فعالیت‌های سازمان آتش‌نشانی مرتبط دانست و اظهار داشت علاوه بر اینکه GIS در کاهش خسارات قبل از وقوع حادثه با مکان‌یابی بهینه‌ترین مکان‌ها برای احداث ایستگاه‌ها مؤثر است، می‌تواند در زمان امداد رسانی نیز کارایی بالایی داشته باشد.

دکتر نظریان و دیگران در سال ۱۳۸۸ در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی توزیع فضایی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتب (AHP) و تلفیق آن با قابلیت‌های GIS برای مناطقی که خارج از شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود بودند، ایستگاه‌های جدیدی برای شهر شیراز مکان‌یابی کردند. آقابابایی در ۱۳۸۹ در پژوهش خود، برای مکان‌یابی، به تحلیل فضایی ایستگاه‌ها و خدمات آتش‌نشانی خمینی‌شهر پرداخت و با ترکیب معیارهای مختلف مراکز بهینه را مشخص کرد.

روش‌ها

روش به‌کار رفته در این پژوهش، روش تحلیل سلسله مراتب (AHP) است. این روش توسط محقق با نام ال. ساعتی در ۱۹۷۷ پیشنهاد گردید و یکی از جامع‌ترین سیستم‌ها برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است و بر مبنای مقایسه زوجی بنا شده است و قضاوت و محاسبات را تسهیل و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که این خود یکی از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد. در این پژوهش با مشخص شدن درجه اهمیت هر یک از معیارها نسبت به یکدیگر و نیز طبقات مختلف (گزینه‌ها) یک معیار نسبت به هم، به‌صورت دو به دویی با بهره‌گیری از نظر افراد کارشناس در این زمینه، مطالعه و مقایسه کارهای مشابه قبلی و در نظر گرفتن شرایط منطقه مطالعاتی، معیارهای مورد نظر انتخاب گردید و در نهایت برای ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی و وزن‌دهی به معیارها در نرم‌افزار Expert choice صورت گرفت. در هر مرحله، معیارها با توجه به اهمیت‌شان در تصمیمی که در دست بررسی است به‌صورت جفتی مقایسه می‌شوند. وزن‌های نسبی عناصر هر مرحله با توجه به

عناصر مجاور در سطح بالا، به‌عنوان اجزای بردار ویژه نرمال شده، مرتبط با بزرگ‌ترین بردار ویژه ماتریس مقایسه‌ای آنها محاسبه می‌شوند و سپس وزن‌های ترکیب شده به‌وسیله مجموع وزن‌ها در تمامی سلسله مراتب تعیین می‌گردند (۶). اگر مقدار نسبت سازگاری کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد، قضاوت در سنجش دو به دویی معیارها درست است و سطح قابل قبول توافقی را در مقایسه‌های دوتایی نشان می‌دهد که در این پژوهش $RC < 0/1$ در معیارهای مؤثر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی کمتر از ۰/۱ است.

با توجه به اینکه فرایند مکان‌یابی یک مسئله تصمیم‌گیری چند صفتی و با استفاده از مدل سلولی قابل انجام است، باید در انتخاب نرم‌افزار این نکته را در نظر گرفت که علاوه بر مدل برداری، مدل رستری را نیز پشتیبانی کند و قابلیت استفاده از قواعد تصمیم‌گیری چند صفتی را هم داشته باشد. در این خصوص، از طریق نرم‌افزار Expert choice مقایسه زوجی معیارها برای آماده‌سازی لایه‌ها به‌منظور تجزیه و تحلیل فضایی در GIS و ابزار Spatial Analyst انجام گرفت. در نهایت پس از تلفیق لایه‌های وزن‌دار به‌دست آمده از انجام عملیات مذکور، مناطق اولویت‌دار برای ایجاد مراکز آتش‌نشانی مطالعه و شناسایی و مناسب‌ترین مکان‌ها برای ایجاد مراکز آتش‌نشانی تعیین شد. بنابراین، (AHP) یک تکنیک تصمیم‌گیری است که می‌تواند برای تحلیل و پشتیبانی تصمیماتی که دارای اهداف متعدد و متقابل هستند استفاده شود (۷). این تحلیل از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا امکان فرموله کردن مسائل را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند. این روش ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمی و کیفی مسائل چندمعیاره

است که خصوصیت اصلی آن بر اساس مقایسه زوجی می‌باشد (۸).

معیارهای مکان‌یابی کاربری‌های شهری

مکان‌یابی فعالیت‌ها است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایر کاربری‌ها و تسهیلات شهری به منظور انتخاب مکانی مناسب برای کاربری خاص تجزیه و تحلیل می‌کند. معیارهای مکانی در برنامه‌ریزی کاربری اراضی، به‌طور کلی استانداردهایی هستند که با آنها مکان بهینه یک کاربری در شهر مورد سنجش قرار می‌گیرد. مشخصات محلی و احتیاج ساکنان شهر، اساس تعیین معیارهای مکانی کاربری زمین شهری به شمار می‌روند (۹).

۱- سازگاری: قرارگیری کاربری‌های سازگار در کنار یکدیگر و جداسازی کاربری‌های ناسازگار از یکدیگر است (۱۰).

۲- دسترسی: به‌عنوان معیاری درباره اینکه رسیدن به یک مکان چقدر آسان است، استفاده می‌شود. نوع دسترسی با فاصله و زمان رسیدن از یک مکان به مکان دیگر سنجیده می‌شود (۱۱). دسترسی فیزیکی محدود به مراقبت‌های بهداشتی اولیه، عامل عمده مرتبط با فقر سلامت در جمعیت کشورهای در حال توسعه است (۱۲).

۳- مطلوبیت: منظور از مطلوبیت حفظ عوامل طبیعی، چشم‌اندازها، فضاهای باز و غیره است (۱۳).

۴- کارایی: یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده مکان کاربری‌ها در شهر، الگوی قیمت زمین شهری است، به لحاظ اینکه هر کاربری از لحاظ اقتصادی و

سرمایه‌گذاری تابعی از قیمت زمین و هزینه‌های متصور بر آن است که براساس تحلیل سود و هزینه معین می‌شود (۱۴).

۵- ایمنی: هدف از این کار حفاظت جان انسان‌ها، متعلقات آنها و تأسیسات و تجهیزات شهری در مقابل حوادث طبیعی و انسانی است (۱۵).

معرفی محدوده مورد مطالعه

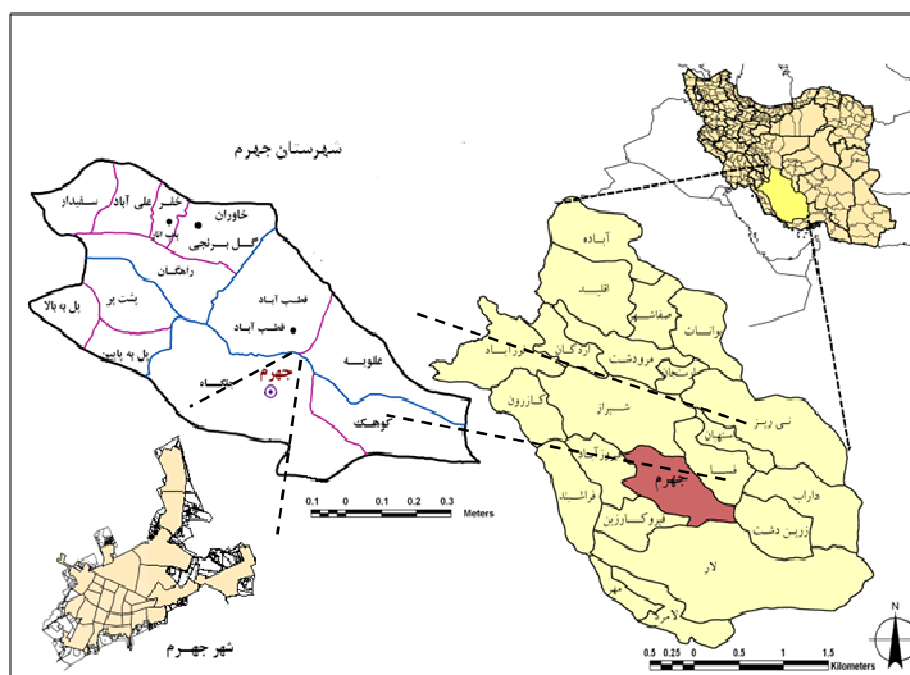
شهر جهرم با مساحتی بالغ بر ۲۵۹۷ هکتار به‌عنوان مرکز شهرستان جهرم در نیمه جنوبی استان فارس و در فاصله ۲۱۹ کیلومتری شهر شیراز (مرکز استان فارس) قرار گرفته است. از نظر موقعیت نسبی، شهر جهرم به‌عنوان مرکز بخش (بخش مرکزی) و شهرستان در قسمت جنوبی شهرستان جهرم قرار گرفته است. بخش مرکزی از طرف شرق به شهرستان داراب، از جنوب به شهرستان‌های لار و فیروزآباد، از طرف غرب به بخش سیمکان شهرستان جهرم و شهرستان فیروزآباد و از شمال به بخش‌های کردیان و خفر محدود شده که بخش‌های مذکور نیز از شمال با شهرستان‌های فسا و شیراز هم مرز هستند (۱۶). بر اساس سرشماری عمومی ۱۳۸۵، جمعیت شهر جهرم برابر با ۱۰۵۲۸۵ نفر بوده است که از این تعداد ۵۳۴۷۵ نفر مرد و ۵۱۸۱۰ نفر زن بوده‌اند. تعداد خانوارهای شهری در این سال ۲۵۹۸۰ خانوار و بعد خانوار آن برابر ۴/۸ نفر بوده است (۱۷). در نقشه زیر موقعیت فضایی شهر جهرم در شهرستان، استان و کشور نشان داده شده است.

یافته‌ها

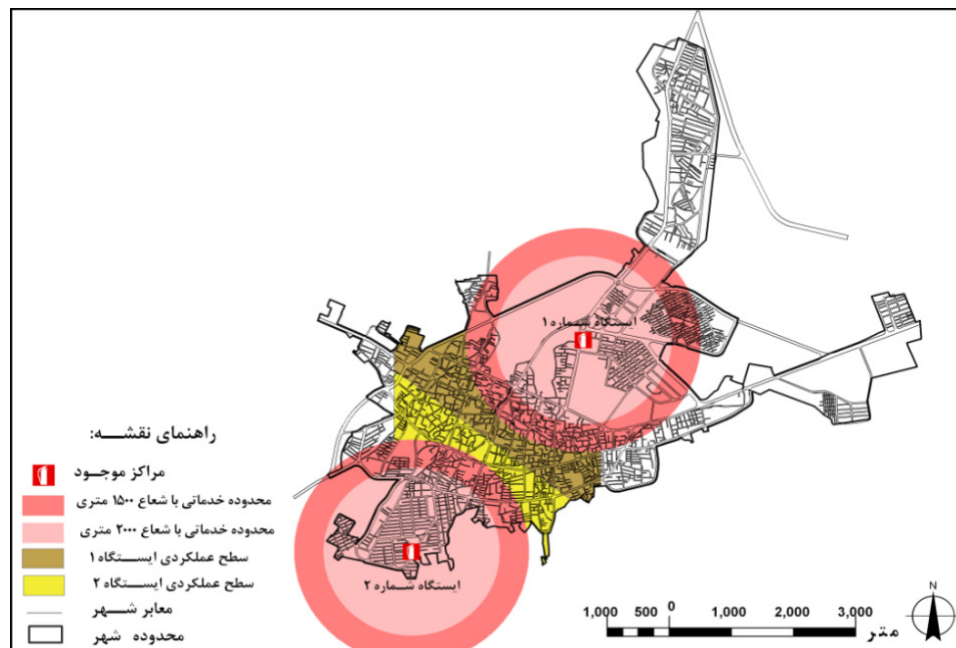
بررسی وضعیت موجود مراکز آتش‌نشانی در شهر جهرم

طبق گزارش سازمان آتش‌نشانی جهرم، این شهر هم اکنون دارای دو ایستگاه آتش‌نشانی (شکل شماره ۲) است که این دو ایستگاه دارای ۴ خودرو با امکانات کامل امداد و نجات و منبع آب و ۳ خودرو دارای امکانات کمتر می‌باشد. حوزه خدمت‌رسانی این ۲ ایستگاه کل شهرستان جهرم است که در طول یک سال به‌طور متوسط با ۹۰۰ عملیات آتش‌سوزی، نجات جاده‌ای و نجات غریق روبه‌رو هستند. بر اساس یک ضابطه کلی و عمومی در مقابل هر ۵۰۰۰۰ نفر از جمعیت شهر باید یک ایستگاه آتش‌نشانی وجود داشته باشد (۱۸)، شعاع دسترسی به مراکز آتش‌نشانی دو تا سه کیلومتر است (۱۹).

شعاع دسترسی به مسافتی گفته می‌شود که یک ماشین آتش‌نشانی با سرعت متوسط ۳۰ کیلومتر در مدت زمان بین ۳ تا ۵ دقیقه بتواند محل حادثه را سرویس‌دهی نماید، که این شعاع بین ۱/۵ تا ۲ کیلومتر است (۲۰). در این تحقیق برای بررسی وضع موجود مراکز آتش‌نشانی از روش حریم‌یابی^۱ استفاده شده است. (شکل شماره ۲)



شکل شماره ۱: موقعیت فضایی شهر جهرم در شهرستان، استان و کشور (مأخذ: استانداری فارس، ۱۳۸۷)



شکل شماره ۲: نقشه پراکندگی و شعاع دسترسی به مراکز آتش‌نشانی شهر جهرم (مأخذ: نگارندگان)

همان‌گونه که در شکل بالا نشان داده شده است شهر جهرم دارای دو مرکز آتش‌نشانی می‌باشد. محدوده خدماتی این مراکز، کل محدوده شهر جهرم است. همچنین با شعاع عملکردی ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری بخش‌های شرقی و غربی شهر جهرم تحت پوشش ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار نمی‌گیرند. همچنین برای یافتن سطح عملکردی این دو ایستگاه از تحلیل Polygon Thiessen استفاده شده است. طبق این تحلیل، سطح عملکردی ایستگاه شماره یک ۷۴۴۴۰۰۰ متر مربع و سطح عملکردی ایستگاه شماره دو ۵۴۰۲۰۰۰ متر مربع می‌باشد. بنابراین با توجه به افزایش جمعیت در آینده، توسعه شهر و افزایش مهاجرت از روستاهای اطراف به شهر و کمبود امکانات و مراکز آتش‌نشانی موجود در پاسخگویی به نیازها، ایجاد مرکز آتش‌نشانی جدید برای شهر جهرم ضروری به نظر می‌رسد.

مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی

در تحقیقاتی که با استفاده از GIS صورت می‌گیرد مراحل مختلفی باید طی شود:

شناسایی داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد نیاز این پژوهش به دو دسته مکانی (مانند نقشه‌های آنالوگ) و غیرمکانی (مانند جداول توصیفی) تقسیم می‌شوند. این داده‌ها با استفاده از GIS رقومی شده و در پایگاه داده قرار می‌گیرند (۲۱) که عبارتند از:

- ۱- داده‌های مکانی شامل نقشه ۱/۲۰۰۰ شهر جهرم؛
- ۲- داده‌های غیرمکانی این پژوهش شامل طرح جامع و تفصیلی شهر جهرم که از آن اطلاعاتی مانند سرانه، جمعیت و مساحت نواحی به‌دست آمده است.

شناسایی عوامل تأثیرگذار در مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی جدید

باتوجه به مطالب ذکر شده بر اساس هدف این قسمت از پژوهش که بررسی توزیع فضایی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر جهرم می‌باشد، لازم شد که این ایستگاه‌ها با توجه به یک‌سری معیارها و شاخص‌ها بررسی شوند. معیارهای متعددی در مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با توجه به استانداردهای جهانی ارائه گردیده است که البته به‌کاربردن همه آنها در امر مکان‌یابی به دلایل مختلف امکان‌پذیر نیست. معیارهای نهایی مورد نظر برای شناسایی مکان‌های بهینه بر اساس نظرسنجی از متخصصان انجام گرفته است. از آنجایی که موقعیت جغرافیایی، شرایط زیست‌محیطی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی مناطق و شهرهای مختلف جهان به‌طور عام و شهرهایی ایران به‌طور خاص با هم فرق می‌کند، در نظر گرفتن شاخص‌های یکنواخت و یکسان منطقی نیست؛ از این جهت شناسایی و کاربرد معیارهای مورد نظر با نظرسنجی از متخصصان و با توجه به بررسی وضع موجود، معیارهای شعاع پوششی و میزان جمعیت و تراکم جمعیت و نیز دسترسی به شبکه معابر و کاربری‌ها و همچنین وضعیت کاربری‌ها و مجاورت کاربری‌های سازگار و ناسازگار برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی صورت گرفته است. در این پژوهش برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر جهرم از لایه‌های اطلاعاتی زیر استفاده شده است:

مکان‌های مستعد آتش‌سوزی: منظور از مراکز مستعد آتش‌سوزی، مراکزی است که بیشترین

احتیاج به ایستگاه‌های آتش‌نشانی را دارند و نزدیکی ایستگاه به این مراکز محسوس‌تر است. از جمله این مراکز می‌توان به مراکز تجاری به‌ویژه بازار، کارگاه‌ها، تعمیرگاه‌ها، تأسیسات شهری، انبارها و مراکز صنعتی اشاره کرد.

کاربری اراضی مناسب: پرواضح است که احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در هر نقطه از شهر امکان‌پذیر نیست. امکان در اختیار گرفتن زمینی برای ساختن ایستگاه آتش‌نشانی گاهی اوقات مشکل و حتی غیر ممکن است و مشکلاتی چون جلب رضایت صاحبان کاربری‌ها و هزینه سنگین وجود دارد. لذا این پارامتر، عامل تعیین‌کننده در انتخاب مکان مناسب برای ساخت ایستگاه‌های آتش‌نشانی است. با مشخص کردن کاربری مناسب برای احداث ایستگاه و دخالت دادن آنها در مکان‌یابی ایستگاه می‌توان از مشکلات و هزینه‌های آزاد-سازی زمینی برای احداث ایستگاه به میزان زیاد کاست.

شیب: یکی از معیارهای طبیعی در مسائل شهرسازی و مکان‌گزینی کاربری‌هایی که عمدتاً به‌صورت تئوری و عملی در نظر گرفته نمی‌شود، عامل شیب است. از شیب زمین می‌توان در احداث شبکه تأسیساتی شهری مانند شبکه آب و فاضلاب استفاده کرد. نقش شیب در زمین در احداث راه‌ها، سیمای شهرها، ارتفاع ساختمان‌ها و بالاخره دید و منظر شهری بسیار قابل توجه است (۲۲).

شبکه دسترسی: خیابان‌های شهر از عوامل تعیین‌کننده مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشد. در واقع، خیابان‌های با دسترسی سریع موجب افزایش سرعت خودروهای اطفای حریق

و بر عکس نبود آن در یک منطقه موجب کم شدن سرعت دسترسی این خودروها خواهد شد. بنابراین افزایش یا کاهش سرعت دسترسی در ازدیاد یا کاهش فاصله ایستگاه‌ها تأثیر مستقیم دارد.

تراکم جمعیت محلات: هر چه میزان تراکم در یک منطقه از شهر بیشتر باشد، میزان صدمه‌پذیری آن در برابر آتش‌سوزی بیشتر خواهد بود. بنابراین لزوم دسترسی هر چه بهتر و سریع‌تر به محل آتش‌سوزی در مکان‌های پر تراکم بیشتر احساس می‌شود.

دور بودن از کاربری‌های ناسازگار: کاربری‌های ناسازگار برای مجاورت با ایستگاه‌های آتش‌نشانی کاربری‌هایی مثل مراکز مذهبی و مراکز درمانی می‌باشد. بر این اساس در این تحقیق مکان‌های با فاصله بیشتر از کاربری‌های ناسازگاری امتیاز بیشتری گرفته‌اند.

ورود عوامل تأثیرگذار به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

این مرحله فرایندی شامل اخذ داده، تغییرات فرمت، زمین مرجع نمودن، تنظیم کردن و مستند سازی داده‌هاست (۲۳). داده‌هایی که به سیستم وارد شده عبارتند از: نقشه رقومی شده کاربری اراضی، شیب، تراکم جمعیت و فاصله از کاربری‌های ناسازگار، فاصله از شبکه ارتباطی و نزدیکی به مکان‌های مستعد آتش‌سوزی.

ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله، بعد از مشخص شدن معیارهای مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی، باید برای این معیارها وزنی مناسب تعریف شود که برای این کار روش‌های مختلفی برای وزن‌دهی

وجود دارد؛ اما از میان این روش‌ها، روش AHP به علت مقایسه (دوتایی پارامترها) و سهولت استفاده و دقت بالای آن برای وزن‌دهی به پارامترها به سایر روش‌ها ترجیح داده شد. در این تحقیق برای ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی از مدل AHP استفاده می‌شود و وزن‌دهی به معیارها در نرم‌افزار Expert choice صورت می‌گیرد. روش کار بدین گونه است:

الف: ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی: این روش یک مقیاس اساسی را با مقادیر ۱ تا ۹ برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار به کار می‌گیرد. در این ماتریس اگر معیار A دو برابر معیار B ارجحیت داشته باشد، معیار B به اندازه نصف معیار A ارجحیت دارد. توجه کنید که مقایسه هر معیار با خودش امتیاز ۱ را منجر می‌شود (ارجحیت معادل). بنابراین عدد یک در قطر اصلی ماتریس منظور می‌شود.

ب: محاسبه وزن معیارها:

این مرحله شامل عملیات زیر است: ۱- جمع کردن مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه دوتایی، ۲- تقسیم کردن هر مؤلفه ماتریس بر مجموعه ستونش که ماتریس حاصل ماتریس مقایسه دوتایی نرمال شده نام دارد.

۳- محاسبه میانگین مؤلفه‌ها در هر ردیف از ماتریس نرمال شده؛ یعنی تقسیم کردن مجموع امتیازات نرمال شده بر هر ردیف بر تعداد معیارها. این میانگین تخمینی از وزن نسبی معیارهای مقایسه شونده را ایجاد می‌کند. جدول شماره ۱ نمونه‌ای از ماتریس‌های ایجاد شده برای معیارهای مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱: ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مؤثر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی (مأخذ: نگارندگان)

وزن نهایی	کاربری ناسازگار	شیب	کاربری اراضی	مکان‌های مستعد	شبکه ارتباطی	تراکم محلات	معیارها
۰/۲۷۵	۲/۷	۳	۱	۲/۲	۱/۷	۱	تراکم محلات (نفر در هکتار)
۰/۱۹۴	۲	۲/۳	۱	۱/۵	۱	۰/۵۹	فاصله از شبکه ارتباطی
۰/۱۵	۱/۵	۱/۸	۱	۱	۰/۶۶	۰/۴۵	فاصله از مکان‌های مستعد
۰/۱۹۳	۱/۸	۲	۱	۱	۱	۱	کاربری اراضی
۰/۰۹	۱	۱	۰/۵	۰/۵۵	۰/۴۳	۰/۳۳	شیب
۰/۰۹۸	۱	۱	۰/۵۵	۰/۶۶	۰/۵	۰/۳۷	فاصله از کاربری مزاحم
۱	۱۰	۱۱/۱	۵/۰۵	۶/۹۱	۵/۲۹	۳/۷۴	مجموع

ج: تخمین نسبت توافق: این مرحله شامل عملیات زیر است:

الف- تعیین بردار مجموع وزنی به‌وسیله ضرب کردن وزن اولین معیار در اولین ستون ماتریس مقایسه دوتایی اصلی، سپس ضرب کردن دومین معیار در دومین ستون، و انجام دادن این کار برای تمام معیارها و سرانجام جمع کردن این مقادیر در سطرها و تعیین بردار توافق به‌وسیله تقسیم بردار مجموع وزنی بر وزن معیارها که پیشتر تعیین گردید.

اکنون که بردار توافق محاسبه شده است نیاز به محاسبه مقادیر دو عبارت دیگر داریم؛ لاندا (λ) و شاخص توافق CI^1 که مقدار λ برابر با میانگین مقادیر بردار توافق است. محاسبه CI بر مبنای این واقعیت است که λ همیشه بزرگ‌تر یا مساوی تعداد معیارهای تحت بررسی (n) است و $\lambda = n$ در صورتی که ماتریس مقایسه دوتایی یک ماتریس سازگاری باشد. بنابراین $\lambda - n$ می‌تواند ملاکی از میزان سازگاری (توافق) در نظر گرفته شود که به

$$CI = \frac{n - \lambda}{n - 1} \text{ این صورت تعیین می‌گردد:}$$

عبارت CR که از آن به‌عنوان شاخص توافق یاد می‌شود، ملاکی برای انحراف از توافق، تلقی می‌شود. همچنین می‌توان نسبت توافق CR^2 را به

$$CR = \frac{CI}{RI} \text{ این طریق محاسبه کرد:}$$

که در آن RI شاخص تصادفی است. شاخص تصادفی یک ماتریس مقایسه دوتایی که به‌صورت توافقی ایجاد شده است. می‌توان نشان داد که RI بستگی به تعداد مؤلفه‌های مورد مقایسه دارد. نسبت توافقی CR صورت طراحی می‌شود که اگر $CR < 0.1$ باشد، سطح قابل قبول توافق را در مقایسه‌های دوتایی نشان می‌دهد، اما اگر $CR \geq 0.1$ باشد، نشانگر قضاوت‌های ناسازگار است. در چنین مواردی باید در مقادیر اصلی ماتریس مقایسه دوتایی تجدید نظر و اصلاح شود. جدول شماره ۲ مراحل وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی را در مدل AHP برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر جهرم نشان می‌دهد.

².Consistency Rate

¹.Consistency Index

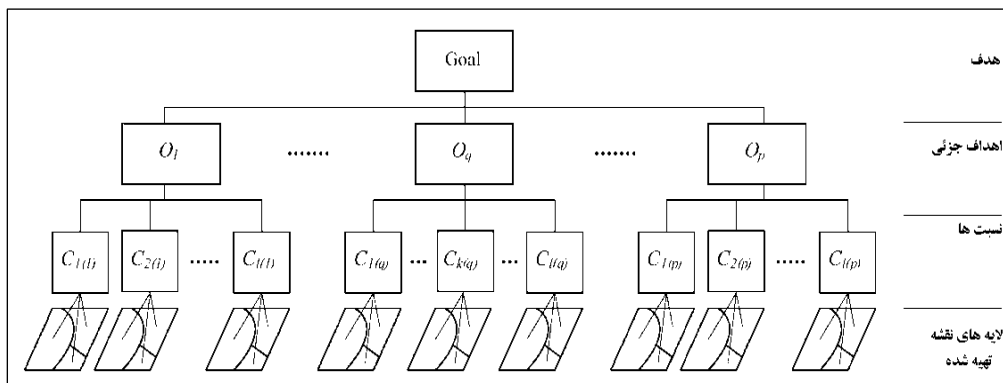
جدول شماره ۲: مراحل وزن‌دهی به معیارها در مدل AHP برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی (مأخذ: نگارندگان)

نسبت توافق	وزن	زیر معیار	وزن	معیار	نسبت توافق	وزن	زیر معیار	وزن	معیار
۰/۰۲	۰/۱۹۴	۰-۵۰	۰/۳۹	شیب	۰/۰۱	۰/۰۹	۰-۵	۰/۴۴	شبکه ارتباطی
		۵۰-۱۰۰	۰/۲۳				۵-۱۰	۰/۲۶	
		۱۰۰-۱۵۰	۰/۱۷				۱۰-۱۵	۰/۱۶	
		۱۵۰-۲۰۰	۰/۱۳				۱۵-۲۰	۰/۰۹	
		۲۰۰-۲۵۰	۰/۰۸				۲۰-۱۰۰	۰/۰۵	
		بالای ۲۵۰	۰/۰۸				۲۵۰-۳۰۰	۰/۰۵	
۰/۰	۰/۱۵	۰-۱۰۰	۰/۲۹	کاربری ناسازگار	۰/۰	۰/۰۹۸	۰-۱۰۰	۰/۳۴	کاربری مستعد آتش سوزی
		۱۰۰-۲۰۰	۰/۲۴				۱۰۰-۲۰۰	۰/۲۳	
		۲۰۰-۳۰۰	۰/۲۰				۲۰۰-۳۰۰	۰/۱۸	
		۳۰۰-۴۰۰	۰/۱۷				۳۰۰-۴۰۰	۰/۱۴	
		۴۰۰-۵۰۰	۰/۱۰				۴۰۰-۵۰۰	۰/۱۱	
		بالای ۵۰۰	۰/۱۰				بالای ۴۰۰	۰/۱۱	
۰/۰	۰/۲۷۵	۱۰-۴۰	۰/۰۴	تراکم محلات (نفر در هکتار)	۰/۰	۰/۲۷۵	۴۰-۷۷	۰/۰۶	تراکم محلات (نفر در هکتار)
		۴۰-۷۷	۰/۰۸				۷۷-۱۰۲	۰/۰۸	
		باغ، بایر، زراعی، مخروبه					۰/۲۷		
۰/۰۱	۰/۱۹۳	صنعتی، حمل و نقل، انبارداری						۰/۲۲	کاربرد اراضی
		اداری، فرهنگی، ورزشی، پارکینگ						۰/۱۷	
		بهداشتی، درمانی، ورزشی						۰/۱۲	
		نظامی، آموزشی، گردشگری						۰/۱۰	
		مسکونی، تجاری، تأسیسات شهری						۰/۰۷	
		مذهبی، تاریخی، مسیل، فضای سبز						۰/۰۵	

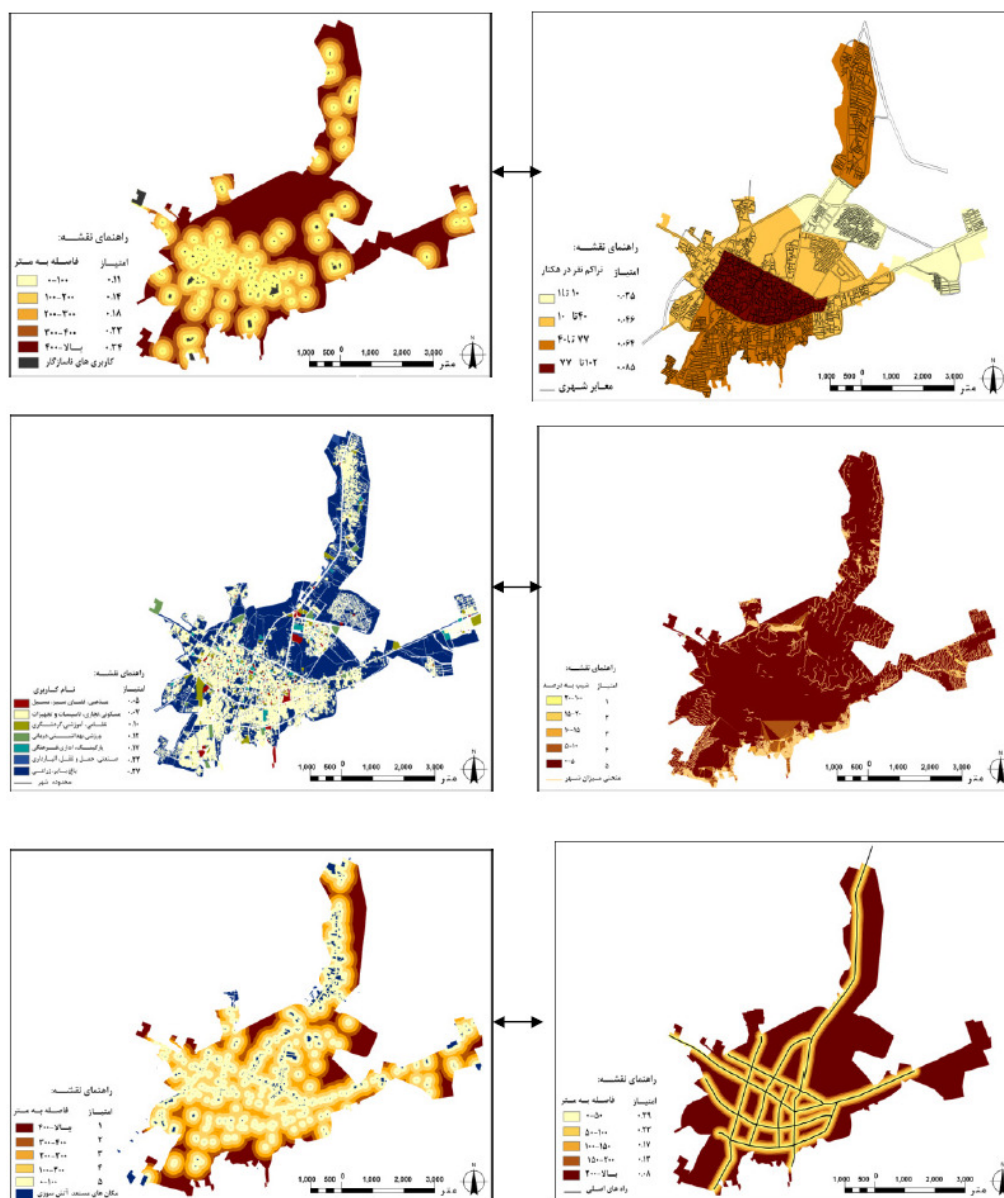
هم‌پوشانی لایه‌ها با در نظر گرفتن ضریب اهمیت معیارها

پس از انجام مراحل قبلی و وزن‌دهی به معیارها، لایه‌های مربوط به هر کدام از معیارهای مورد نظر تهیه می‌شود (شکل شماره ۳). در نهایت با توجه به ضریب اهمیت هر یک از معیارها، این لایه‌ها هم‌پوشانی می‌شوند.

شکل شماره ۳: ساختار سلسله مراتبی چهار مرحله‌ای مسأله تصمیم فضایی (۲۴)



شکل شماره ۴: لایه‌های تهیه شده با توجه به ارزش‌گذاری هریک از معیارها

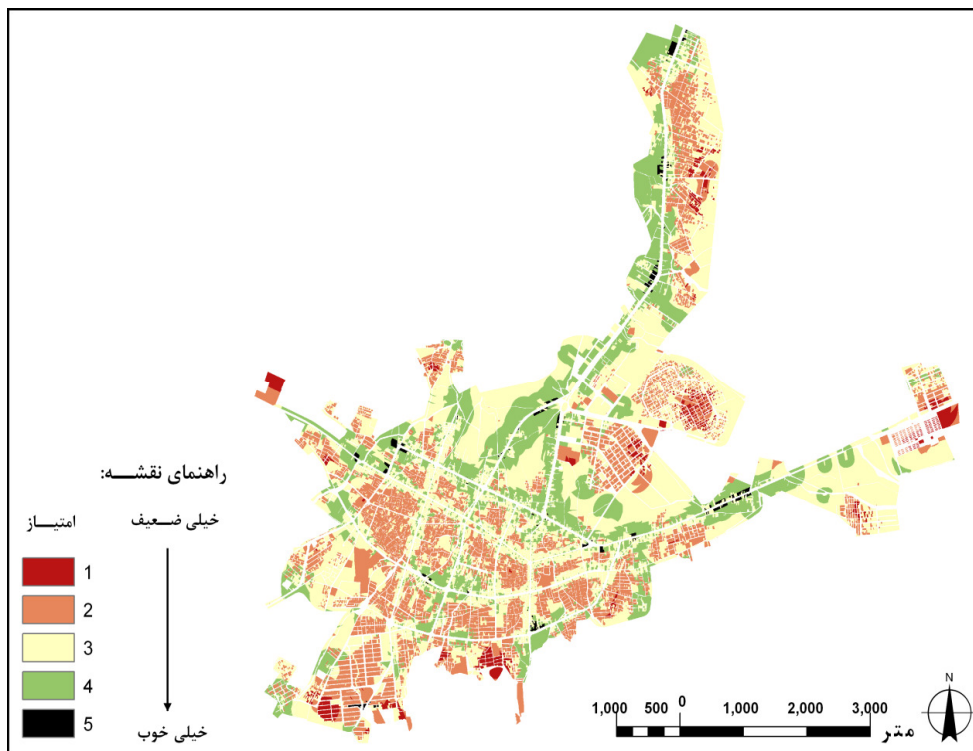


ورود وزن نهایی به GIS و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی

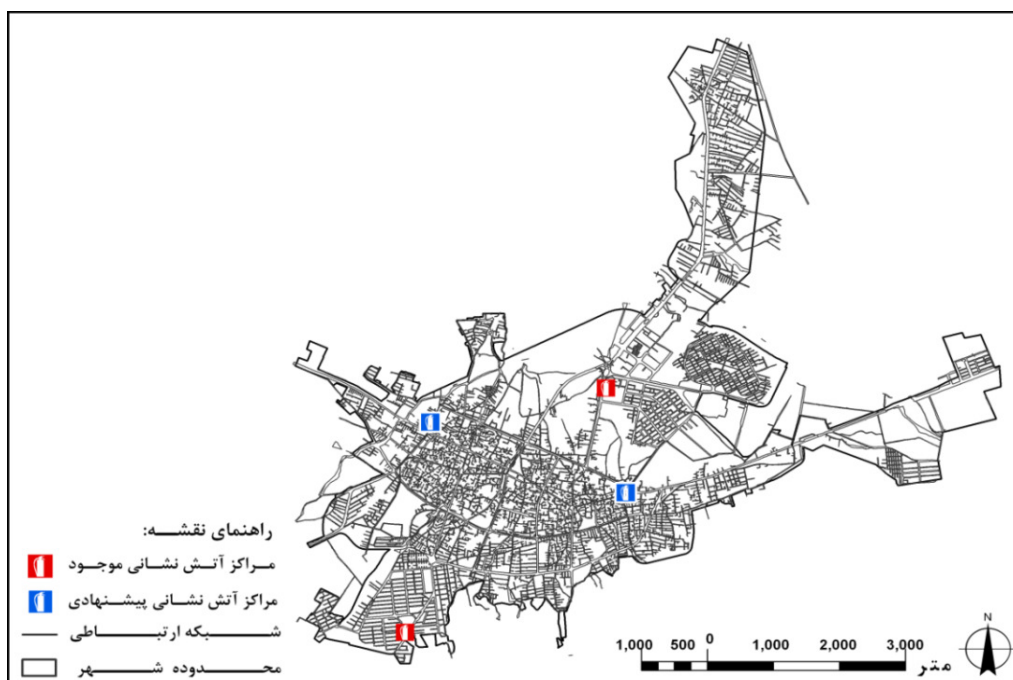
پس از ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی، باید تمام لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در مکان‌یابی با هم ترکیب شوند. در ترکیب لایه‌ها، لایه جدید یا خروجی از ترکیب دو یا چند لایه ورودی به‌دست می‌آید. بدین ترتیب لایه صفتی اختصاص یافته به هر موقعیت در لایه خروجی، تابعی از ارزش‌های لایه ورودی است (۲۵). این عمل که در مرکز تحلیل‌های GIS قرار دارد داده‌های فضایی مختلف را ترکیب می‌کند تا یک عنصر فضایی جدید را ایجاد کند. این عمل را می‌توان به‌صورت عمل فضایی تعریف کرد که چندین لایه جغرافیایی را ترکیب می‌کند تا اطلاعات جدید تولید کند. در نهایت، از لایه‌های رستری، با اعمال ضریب اهمیت‌شان، نقشه مکان‌یابی نهایی در قالب رستر به دست می‌آید که مناطق دارای امتیاز بالاتر مطلوبیت بیشتری برای مکان‌یابی دارند. در این پژوهش برای ترکیب لایه‌ها با هم از مدل هم‌پوشانی شاخص‌ها (IO) استفاده شده است که نتایج آن در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.

در شکل قبل برای لایه‌های اطلاعاتی، فاصله از شبکه ارتباطی اصلی و کاربردهای مستعد آتش‌سوزی، با افزایش فاصله امتیاز کمتر و با کاهش فاصله امتیاز بیشتری داده شده است. برای لایه فاصله از کاربری‌های ناسازگار برعکس موارد فوق صادق است. یعنی با افزایش فاصله امتیاز بیشتر و با کاهش فاصله امتیاز کمتری داده شده است. برای لایه تراکم، امتیازدهی بر اساس میزان شدت تراکم صورت گرفته است. بدین‌گونه که به محلات با تراکم بالاتر امتیاز بیشتر و محلات با تراکم پایین‌تر امتیاز کمتر تعلق گرفته است. برای لایه شیب امتیازدهی با توجه به این امر صورت گرفته است که مناطق با شیب کمتر برای ساخت ایستگاه‌های آتش‌نشانی مناسب‌ترند؛ بدین‌گونه که مناطق با شیب کمتر امتیاز بالاتر و مناطق با شیب بیشتر امتیاز کمتری گرفته‌اند. برای لایه کاربری اراضی امتیازدهی بر اساس ارزش اقتصادی و میزان تناسب اراضی برای ایجاد ایستگاه آتش‌نشانی صورت گرفته است. مثلاً، به کاربری بایر بر اساس ارزش اقتصادی کمتر امتیاز بالاتر و به کاربری تجاری بر اساس ارزش اقتصادی بالاتر امتیاز کمتری داده شده است.

شکل شماره ۵: ارزش‌گذاری نهایی زمین‌های شهری برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی



شکل شماره ۶: مکان‌های پیشنهادی برای ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی جدید در شهر جهرم



تطبیق نتایج الگوی مکان‌یابی با واقعیات زمینی

از مهم‌ترین مسائلی که پس از انتخاب و مکان‌یابی به‌وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی باید توجه شود، بررسی این موضوع است که مناطق تعیین‌شده تا چه حد با واقعیت و شرایط منطقه تطابق دارند؟ بدین‌منظور، انجام بازدیدها و مطالعات میدانی می‌تواند درستی و نادرستی مناطق مکان‌یابی شده را نشان دهد. به هر میزان که نقاط شناسایی شده برای مکان‌یابی تطابق بیشتری با واقعیت زمینی داشته باشد، نتایج مکان‌یابی نیز رضایت‌مندتر خواهد بود (۲۶). پس از تطبیق نتایج الگوی مکان‌یابی با واقعیت موجود در منطقه مورد مطالعه و با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای مؤثر در فرایند مکان‌یابی، نهایتاً ۲ مکان برای ایجاد ایستگاه آتش‌نشانی جدید مناسب تشخیص داده شد که نتایج آن در شکل شماره ۶ نشان داده شده است.

مکان‌های انتخاب‌شده در نقشه بالا در نزدیکی خیابان‌های با ترافیک متوسط به پایین شهر انتخاب شده‌اند که به مراکز مستعد آتش‌سوزی دسترسی مناسب دارند، در فاصله مناسبی از کاربری‌های ناسازگار با ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار دارند، نوع کاربری انتخاب شده برای این دو مکان، کاربری بایر است تا هم هزینه کمتری برای خرید آن پرداخت شود و هم تصاحب آن راحت‌تر صورت گیرد؛ به‌علاوه این دو ایستگاه در نزدیکی محلات پرتراکم مرکزی شهر مکان‌یابی شده‌اند تا هم قابلیت سرویس‌دهی مناسب به این محلات را داشته باشد و هم به سایر محلات شهر دسترسی مناسبی داشته باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

استقرار مطلوب کاربری‌ها، عامل اصلی در پایین نگهداشتن هزینه‌ها و بالابردن قابلیت دسترسی می‌باشد. لذا انتخاب مکان مناسب کاربری‌ها باید به‌گونه‌ای صورت گیرد که در اثر گذشت زمان از مطلوبیت آن کاسته نشود. در راستای ارائه الگویی بهینه و مؤثر، در این پژوهش مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی با روش AHP بررسی و تحلیل شد. بر اساس نتایج، توزیع مراکز آتش‌نشانی در شهر جهرم در وضع کنونی عادلانه نیست و با نارسایی‌هایی روبه‌روست. بنابراین در این مقاله سعی شده پس از آنکه معیارهای مکان‌گزینی ایستگاه‌های آتش‌نشانی (شعاع پوششی، جمعیت و تراکم آن، نزدیکی به شبکه معابر یا دسترسی‌ها و کاربری اراضی) مشخص گردید، در فرایند تحلیل سلسله مراتب، محاسبه وزن (ضریب اهمیت) معیارها و زیرمعیارها و محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها بررسی و لایه‌های اطلاعات جمع‌آوری شده بر اساس وزن‌های مربوط به خود با هم تلفیق و با روش Index Overlay نقشه نهایی ایستگاه‌های آتش‌نشانی تهیه و در نهایت بهترین مکان برای احداث ایستگاه‌ها پیشنهاد گردید.

بر اساس نتایج به دست آمده از خروجی لایه نهایی حاصل از این مدل در محیط GIS و انطباق آن با نقشه کاربری اراضی شهر جهرم، مکان‌های انتخاب‌شده به مراکز مستعد آتش‌سوزی در دسترسی و فاصله مناسبی از کاربری‌های ناسازگار با ایستگاه‌های آتش‌نشانی قرار دارند. نوع کاربری در نظرگرفته شده برای این دو مکان انتخاب شده کاربری بایر می‌باشد تا هم هزینه کمتری برای خرید آن پرداخت شود و هم تصاحب آن

برای تأمین سرانه مورد نیاز جمعیتی در نظر گرفته شده است. بنابراین نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر بیانگر کاربرد و اهمیت روش AHP در مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی و ارائه الگوی بهینه پراکندگی بر اساس ضوابط و نیازهای جمعیتی می‌باشد.

راحت‌تر صورت گیرد و همچنین لازم به ذکر است که با مقایسه خروجی نهایی تحلیل و نیز نقشه کاربری اراضی موجود شهر، مشخص گردید که مراکز آتش‌نشانی موجود بر اساس استاندارد- های مکان‌یابی جانمایی شده‌اند و سایر مکان‌های شناسایی شده در این پژوهش به عنوان مکان بهینه

References

1. Tashakor Z. *Firefighting and structural deficiencies*. Muni, 2000; 10: 7.[In Persian]
2. Pirmoradi A. *Finding the best place for firefighting Station using information technology and GIS*. 2nd International Conference on Electronic Municipality, 2010; 8 [In Persian]
3. Azizi M. *GIS application in terms of site selection, spatial distribution and network analysis of health-Medical centers, the case study: Mahabad city*. MA thesis, Tabriz University. 2005; 7 [In Persian]
4. Vahidnia M, Ali A. Alesheikh A. *Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives*. Envi Manage, 2009; 10: 3048-3056.
5. Witlox F, Antrop M, Bogaert P, et al. *Introducing functional classification theory to land use planning by means of decision tables*. Deci Supp Syst, 2009; 46: 875-881.
6. Dey K, Ramcharan E. *Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados*. Envi Manage, 2008; 88: 1384-1395.
7. Guiqin W, Li Q, Guoxue L, et al. *Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing China*. Envi Manage, 2009; 90: 2414-2421.
8. Ngai E, Chan E. *Evolution of knowledge management tools using AHP*. Export with appli, 2005; 29: 713-722.
9. Saeidnya A. *Urban Land Use. Country municipalities and Rural organization*, 2004; 2:23[In Persian]
10. Ziari K. *Urban Land Use Planning*. Yazd University, 2002; 29-30.[In Persian]
11. Mohamadi J. Aghaziarati Farahani M. *Application of Geographic Information Systems (GIS) in urban land use site selection (Case study: educational centers in Babolsar city)*. The first Conference on urban GIS, 2008; 3. [In Persian]
12. Perry B, Gesle W. *Physical access to primary health care in Andean Bolivia*, Social Sci & Medi, 200; 50: 1177-188.
13. Ziari K. *Urban Land Use Planning*. Yazd University, 2002; 29-30. [In Persian]
14. Purmohammadi M. *Urban land use planning*, Tehran, Samt, 2004; 94. [In Persian]
15. Zangi Abadi A, Mohamadi J, et al. *Analyze the vulnerability of urban housing against of earthquake risk (case study: Isfahan city)*. Journal of Geography and Development, 2008; 79:65.[In Persian]
16. Consulting Engineers of Naghsh Mohit. *Detailed plan of Jahrom*. Development and Urban Planning Assistant of Municipality of Jahrom, 2006; 118. [In Persian]
17. Statistical Center of Iran. *General Census of Population and Housing*. Statistical Yearbook of Jahrom city, 2007.[In Persian]
18. Interior Ministry. *Important issues in design and construction of firefighting stations*. Bitra, Tehran. 2006; 92-132.[In Persian]
19. Shie A. *Urban Planning Workshop*, Elm and Sanat University

- Publications, 5th ed, Tehran, 2007; 5:177, [In Persian]
20. Consulting Engineers of Arse. *Research about the position and size of protection of cities against fire*. 1st ed, Tehran, Interior Ministry Publications, 1997; 33-46. [In Persian]
 21. Boroushaki S, Malczewski, J. *implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in Arc GIS*. Comput and Geo. 2008; 401. [In Persian]
 22. Shie A. *Urban Planning Workshop* Elm & Sanat University 2007; 5:200 [In Persian]
 23. Farajzadeh M. In: 4, editors. *Geographic information system and its application in tourism planning*. 1st ed, Tehran, Samt, 2006; 8. [In Persian]
 24. Boroushaki S, Malczewski, J. *Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in Arc GIS*. Comput and Geo, (2008); 34:399–410. [In Persian]
 25. Farajzadeh M. In: 4, editors. *Geographic information system and its application in tourism planning*. 1st ed, Tehran, Samt, 2006; 18. [In Persian]
 26. Farajzadeh M. In: 4, editors. *Geographic information system and its application in tourism planning*. 1st ed, Tehran, Samt, 2006; 91. [In Persian]